

5

Magnetische Bremse für Stranggießkokille

Die Erfindung betrifft eine Stranggießkokille, insbesondere Dünnbrammenkokille, bei welcher eine Beeinflussung der Strömung des Flüssigmetalls in der Kokille durch ein mittels an der Kokille angeordnete Permanentmagnete erzeugtes Magnetfeld erfolgt, wobei die Permanentmagnete über die Breite und / oder Höhe unterschiedliche Magnetstärken oder unterschiedliche Abstände zueinander für eine unterschiedliche Feldstärke aufweisen.

Der Einsatz magnetischer Mittel zur Abbremsung und Vergleichmäßigung von Flüssigmetallströmen ist eine bekannte Technik und wurde in mehreren technischen Dokumenten beschrieben. Die in den Dokumenten aufgeführten Anlagentile weisen allesamt große Massen auf, die eine für den Betrieb erforderliche Oszillation der Gießkokille erschweren. Zudem ist die Ausrüstung sehr kostenintensiv.

Das Dokument EP 0 880 417 B1 beschreibt eine Magnetbremse für das Gießen von Metall in einer Kokille, bestehend aus einem Magnetkern und aus einer mit elektrischem Gleichstrom oder mit niederfrequentem Wechselstrom versorgten Spule. Ferner ist eine magnetische Rückleitung vorgesehen, um den Magnetkreis zu schließen.

Fortschritte in der Entwicklung auf dem Gebiet der Permanentmagnete (Hartferrite, Seltenerdmagnete) haben in der Zwischenzeit einen neuen Einsatz an möglichen Feldstärken der Permanentmagnete eröffnet, welche Permanentmagnete für den Einsatz als Alternative für die oben genannten Elektromagnete geeignet erscheinen lassen.

Es ist daher schon vorgeschlagen worden, die bisher für die elektromechanische Bremse (EMBr) verwendete Ausrüstung zur Erzeugung des Magnetfeldes (Feldspule, elektrische Ansteuerung, äußeres Joch zur Leitung des magneti-

5 schen Flusses, etc.) durch Permanentmagnete zu ersetzen, die direkt an der Kokille zum Einsatz kommen.

Das Dokument EP 0 568 579 beschreibt ein Verfahren zur Steuerung des Stromes aus geschmolzenem Metall in die nicht erstarren Metallbereiche einer 10 Gießkokille, wobei dieser mindestens ein Primärstrom aus geschmolzenem Metall zugeführt wird und ein Gussstrang in der Kokille gebildet wird, wobei mindestens ein statisches magnetisches Feld von Polen erzeugt wird, die neben der Kokille angeordnet sind und aus Dauermagneten bestehen, wobei das 15 magnetische Feld dazu dient, den in die Kokille strömenden Primärstrom aus geschmolzenem Metall zu bremsen und aufzusplitten und entstehende Sekundärströme zu steuern, wobei das magnetische Feld im wesentlichen so angeordnet ist, dass es über die gesamte Breite des in der Kokille gebildeten Stranges wirkt. Die magnetische Feldstärke soll in derjenigen Ebene, die sich senkrecht zur Gießrichtung erstreckt und die auf dem Niveau, auf dem die magnetische 20 Feldstärke ihren Maximalwert erreicht, innerhalb eines Intervalls von 60 bis 100 % dieses Maximalwertes variieren, während gleichzeitig die Feldstärke auf einem Niveau mit der höchsten Oberfläche/Meniskus des geschmolzenen Metalles einen Maximalwert von 500 GAUß besitzt. Das magnetische Feld wird gesteuert und verteilt, indem die magnetischen Pole beweglich und/oder mit 25 verstellbaren Kernelementen versehen sind.

Das Dokument EP 0 040 383 (B1) beschreibt ein Verfahren zum Umrühren der nicht erstarren Bereiche in einem Gießstrang, wobei der Strang in einer Kokille geformt und ein Gießstrahl durch ein Gießrohr oder direkt in die Kokille strömt. 30 Dort, wo der Gießstrahl in die in der Kokille bereits befindliche Schmelze ein dringt, wird mindestens ein in der Schmelze wirkendes statisches Magnetfeld erzeugt, das den Gießstrahl bremst und ihn derart zersplittet, dass sein Impuls geschwächt oder aufgezehrt wird. Eine hierfür vorgesehene Vorrichtung kann aus einem oder mehreren Dauermagneten bestehen.

5 Das Dokument JP 08155610 weist eine Kokille in rechteckiger Bauart auf, an
deren vier Ecken jeweils Dauermagnete zur Erzeugung von Magnetfeldern Süd
und Nord angeordnet sind.

Permanentmagnete weisen bei gleicher magnetischer Induktionsfeldstärke eine
10 wesentlich kürzere Bauform und damit drastisch reduzierte Massen auf. Es ist
keine zusätzliche Einrichtung zur Leitung des magnetischen Flusses in Form
eines äußeren Joches erforderlich. Bei Bedarf reicht es aus, die im Rahmen der
Kokille vorhandenen ferromagnetischen Materialien zur Schließung des magne-
tischen Flusskreises zu verwenden.

15 Der Einsatz von Permanentmagneten erfordert jedoch andere Vorgehenswei-
sen. Es werden zwar beim Stand der Technik Permanentmagnete als mögliche
Quellen des statischen magnetischen Feldes aufgeführt, jedoch nur Ausrüstun-
gen für den Fall einer Erzeugung des magnetischen Feldes über Stromspulen
20 mit Gleichstrom DC oder niedrigfrequentem Wechselstrom AC beschrieben,
nicht jedoch für Permanentmagnete.

Da Permanentmagnete keinen Schalter zum Ein- und Ausschalten haben, be-
dingt das zum einen besondere Sicherheitsmaßnahmen zum Einbau und War-
25 tung der Ausrüstung. Anders als beim Wechselstrom-Betrieb sind aber auch
besondere Verfahren und Ausrüstungen zum Anfahren einer Stranggießma-
schine erforderlich.

Bei der magnetischen Bremse hat man gegenüberliegend auf beiden Seiten der
30 Gießkokille in diesem Fall Permanentmagnete zur Erzeugung des Magnetfel-
des. Die Induktionsfeldstärke B bei dieser Anordnung folgt in ihrem Abstand im
Zwischenraum zwischen den Permanentmagneten der Formel:

$$35 \quad B(z) = 2 \cdot B_0 \cdot \cosh \frac{\pi \cdot \left[z - \frac{d}{2} \right]}{h}$$

5 wobei B_0 die Induktionsfeldstärke eines der Permanentmagneten ist, z der Abstand von einem der Magnete aus gemessen, d der Abstand zwischen den Magneten und h die wirksame Höhe des Magneten ist. Die wirksame Höhe h wird durch Messung bestimmt. Zudem ist π die Zahl Pi (= 3,14...) und cosh ist der Kosinus Hyperbolikus (siehe Abbildung 1).

10

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, an einer Stranggießkokille Mittel zur Variation der magnetischen Feldstärke von Permanentmagneten bereit zu stellen.

15 Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß dadurch, dass die Permanentmagnete für eine unterschiedliche Feldstärkenverteilung in Gruppen unterschiedlich anstellbar sind.

Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Permanentmagnete auf verschiebbaren und/oder schwenkbaren Stellmitteln an die Kokille 20 zur Anpassung der Feldstärke verfahrbar sind.

Das geschieht z.B. durch Veränderung des Abstandes der Magnete voneinander, bevorzugt durch Drehung des Trägers der Permanentmagnete von der Gießkokille weg. Es bestehen weitere Möglichkeiten durch gerades Verfahren 25 mittels drehbarer Spindeln oder hydraulischer Zylinder (siehe Abbildung 2). Im Falle der Drehung des Magnetträgers von der Gießkokille weg, folgt die Feldschwächung der folgenden Formel:

30
$$\Phi = \overrightarrow{|B|} \cdot \overrightarrow{|A|} \cdot \cos(\angle(\overrightarrow{B}, \overrightarrow{A}))$$

wobei Φ der magnetische Fluss, B die magnetische Feldstärke, A die Durchtrittsfläche zur Gießkokille und \cos der Kosinus des Winkels zwischen dem Vektor der magnetischen Feldstärke und dem Flächennormalenvektor der Durchtrittsfläche ist. Die Veränderung des magnetischen Flusses erfolgt über die

5 Feldschwächung B gemäß der Formel $B(z)$ und dem Winkel. Im Falle der mechanischen Verschiebung als Änderung des Abstandes erfolgt die Änderung von Φ nur über die Feldschwächung B gemäß der o. g. Formel über $B(z)$.

Die Drehung erleichtert zum einen die Ablösung der Magnete von der Durchtrittsfläche, denn gemäß der Vorschriften zur Montage dieser Permanentmagnete gehört es, diese auf einer Kante anzusetzen und dann mit ständig verkleinerndem Winkel auf den Träger aufzusetzen (siehe Abbildung 3). Die Magnete werden nicht direkt auf den Träger aus ferromagnetischem Material aufgesetzt, sondern zur leichteren Ablösung zur Drehung bzw. Montage wird eine Schicht 10 aus nicht ferromagnetischem Material dazwischen gelegt. Das kann austenitischer Stahl sein, es genügt aber auch eine ca. 1 mm dicke Kunststoffplatte. Die mit der Drehung verbundenen ungleichmäßigen Abstände der Magnete zur Durchtrittsfläche werden durch einen Durchtrittskörper durch den Wasserkasten 15 der Gießkokille aus ferromagnetischem Material magnetisch ausgeglichen.

20

Es gibt 2 Bauformen der Gießkokille, die Kokille mit Aussparung für eine von außen zugeführte magnetische Bremse und die Bauform mit der in den Wasserkasten integrierten magnetischen Bremse. Für beide Anwendungen sind folgende Vorrichtungen erforderlich:

25

Gießkokille mit Fenster für von außen zugeführte magnetische Bremse:
Das von den Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld muss in seiner Feldstärke einstellbar bleiben. Dazu werden die Permanentmagnete auf die Zähne eines Rechens montiert, der in die Stützrippen der Wasserkästen der Gießkokille greift. Eine Vorrichtung ermöglicht es, den Abstand der Zähne zur Kokille durch Verschiebung einzustellen. Dadurch wird es möglich, das Magnetfeld in seiner Stärke zu variieren. Die Vorrichtung kann per mechanische Spindel oder 30 per Hydraulikzylinder bewegt werden.

35 Gießkokille mit integrierter magnetischer Bremse:

5 Die bisherige elektrische Vorrichtung zur Erzeugung des Magnetfeldes wird entfernt und auf den dann freiliegenden ferromagnetischen Block (Durchtrittsfenster) im Wasserkasten wird eine Vorrichtung zum Halten der Permanentmagnete montiert. Diese Vorrichtung kann durch Drehung bewegt werden und somit die magnetische Feldstärke variiert werden. Die Vorrichtung kann durch eine mechanische Spindel oder per Hydraulikzylinder bewegt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, diese Vorrichtung auch um eine Achse am unteren Rand drehbar zu machen und somit für einen veränderlichen Abstand zwischen Permanentmagneten und ferromagnetischem Block zu sorgen. Darüber lässt sich ebenfalls die magnetische Feldstärke einstellen.

15

Permanentmagnete sind so stark, dass sie sich nicht großflächig herstellen lassen. Ein solcher Magnet würde durch seine eigenen Feldkräfte gesprengt, d.h. förmlich zerrissen werden. Man ist also gezwungen, großflächige Magnete für die Breite einer Stranggießkokille aus vielen einzelnen Magneten herzustellen,

20 die auf einen großflächigen Träger aus ferromagnetischem Material geklebt sind, um die magnetischen Flussdichten der vielen Einzelmagnete zu einem großflächigen magnetischen Fluss, der dann die metallurgischen Wirkungen in der Kokille hat, zu vereinen. Das ist in sofern von Bedeutung, da man durch gleiche Ausrichtung der magnetischen Pole, kleine Magnete auch nicht beliebig

25 dicht nebeneinander setzen kann, schließlich stoßen sich gleichnamige Pole der Magnete ab. Man ist dadurch gezwungen, den Magnetträger mehrschichtig zu machen, da man in der zweiten Schicht durch Permanentmagnete die noch offenen Zwischenräume der ersten Schicht überdecken muss.

30 Des Weiteren müssen bei einem Ruler oder Rechen (kammförmige Bremse) die Magnete nicht nur auf den Zähnen des Rulers sitzen, sondern auch auf der Rückseite des Magnetträgers (Rulers) aus ferromagnetischem Material und auch hier wieder in mehreren Schichten, da man ansonsten wieder nicht die erforderliche magnetische Flussdichte im metallurgischen Teil der Kokille erreicht.

5

Patentansprüche

- 10 1. Stranggießkokille, insbesondere Dünnbrammenkokille, bei welcher eine Beeinflussung der Strömung des Flüssigmetalls in der Kokille durch ein mittels an der Kokille angeordnete Permanentmagnete erzeugtes Magnetfeld erfolgt, wobei die Permanentmagnete über die Breite und/oder Höhe unterschiedliche Magnetstärken oder unterschiedliche Abstände zueinander für eine unterschiedliche Feldstärke aufweisen,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass die Permanentmagnete für eine unterschiedliche Feldstärkenverteilung in Gruppen unterschiedlich anstellbar sind.
- 20 2. Stranggießkokille nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Permanentmagnete auf verschiebbaren und/oder schwenkbaren Stellmitteln an die Kokille zur Anpassung der Feldstärke verfahrbar sind.
- 25 3. Stranggießkokille nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stellmittel für die Permanentmagnete als Drehvorrichtungen, als Hydraulikzylinder oder als Drehspindeln ausgebildet sind.
- 30 4. Stranggießkokille nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen den Magneten und der Kupferplatte ein Eisenkern angeordnet ist.
- 35 5. Stranggießkokille nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,

5 dass Permanentmagnete im Wasserkasten der Stranggießkokille angeordnet sind und zur direkten Anlage an die Kokillenplatte anstellbar sind.

6. Stranggießkokille nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,

10 dass ein Eisenkern als Durchtrittskörper den Wasserkasten zwischen Kupferplatte und Permanentmagnet ausfüllt.

7. Stranggießkokille nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,

15 dass zwischen dem Durchtrittskörper und dem anstellbaren Permanentmagneten eine Trennschicht vorzugsweise aus nicht ferromagnetischem Metall oder aus Kunststoff einschiebbar ist.

8. Stranggießkokille nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass die Permanentmagnete aus einer Mehrzahl von kleineren Einzelmagneten bestehen, die auf einem größerenflächigen Träger aus ferromagnetischem Material angeordnet sind und mehrschichtig wirkungsmäßig zu einem großflächigen Magneten verbunden sind.

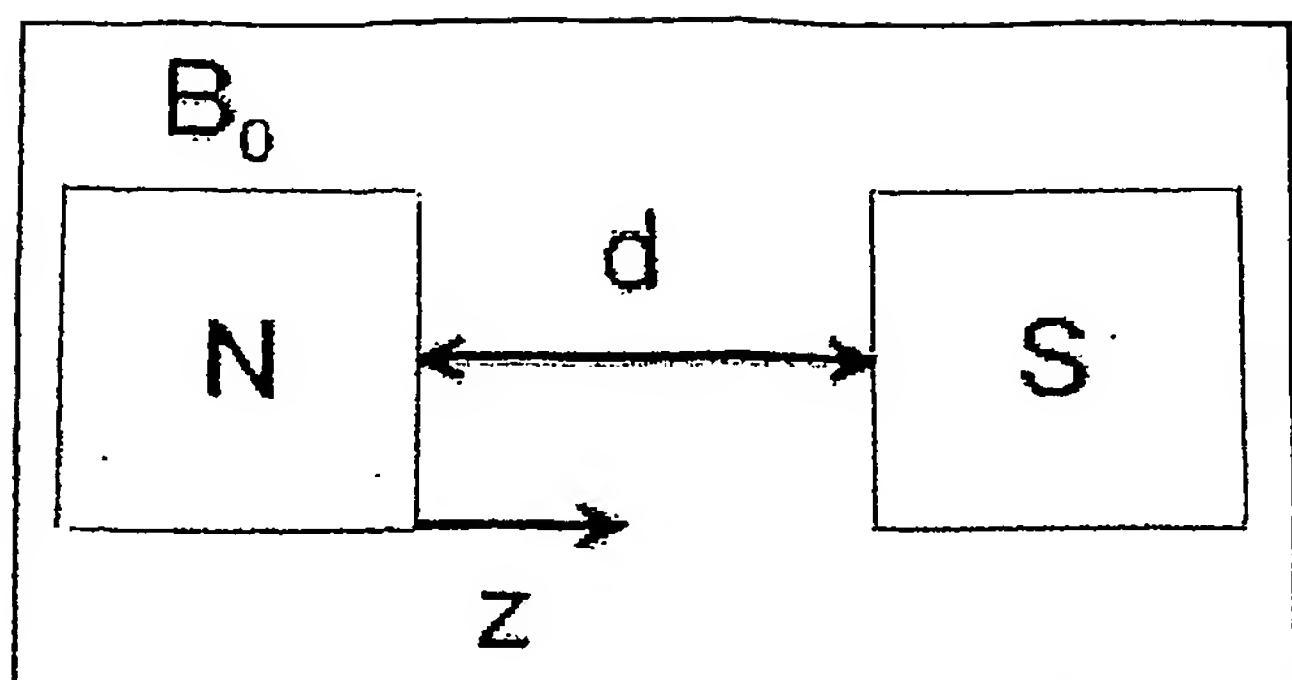


Abbildung 1: Berechnung Feldstärke

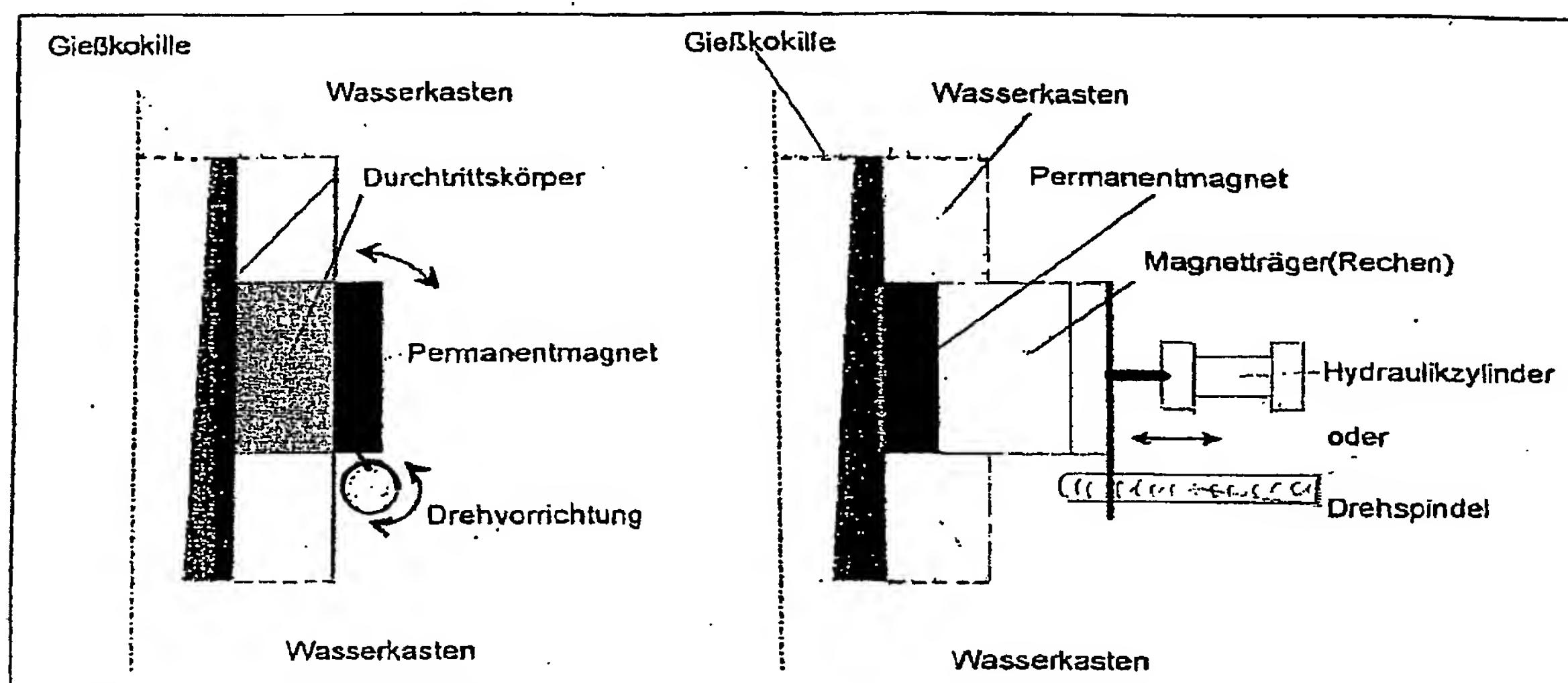


Abbildung 2: Anordnung Permanentmagnete

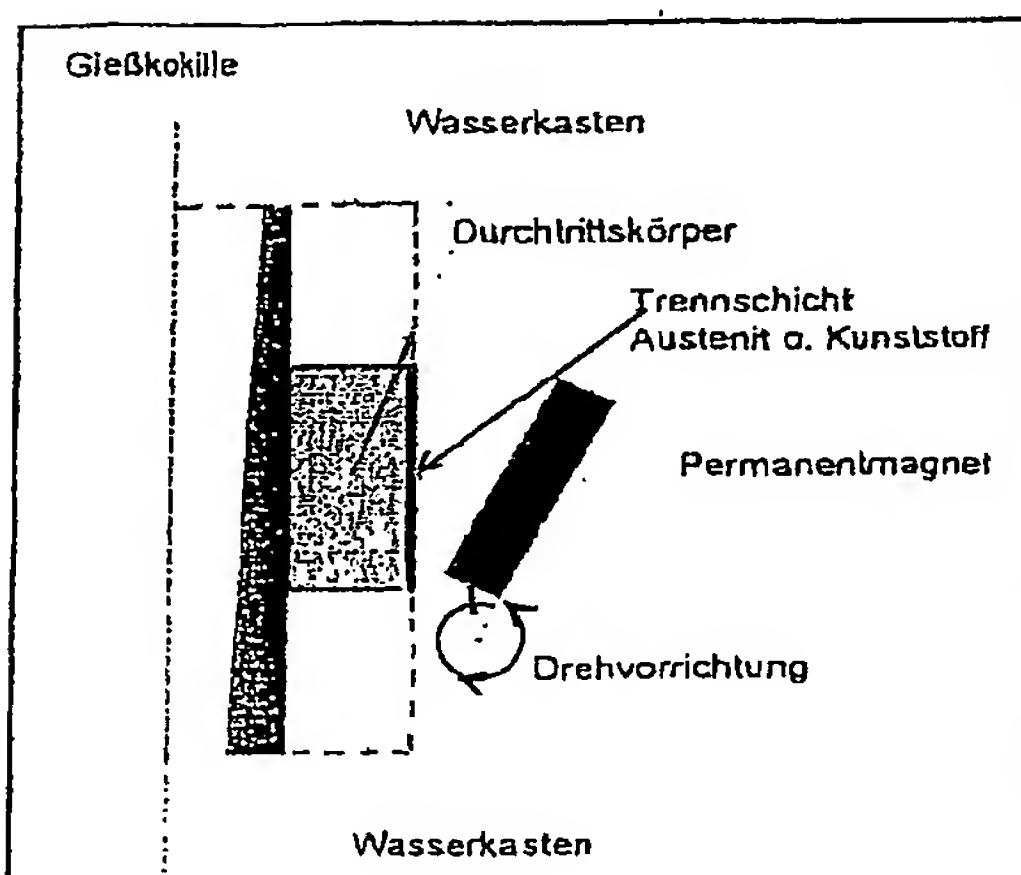


Abbildung 3: Trennschicht Magnete Montage/Betrieb

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/013444

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B22D11/115

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 568 579 A (ASEA BROWN BOVERI AB) 10 November 1993 (1993-11-10) columns 3-7 figures 1,4,5	1-8
X	FR 2 628 994 A (VIVES CHARLES) 29 September 1989 (1989-09-29) page 6 figures 1-3	1-4,8
X	WO 03/028925 A (SMS DEMAG AKTIENGESELLSCHAFT; EBERWEIN, KLAUS-PETER) 10 April 2003 (2003-04-10) page 4 figures 1,2	1-8

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the International filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 March 2005

Date of mailing of the International search report

17/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Baumgartner, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/013444

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 0568579	A	10-11-1993	SE DE DE EP JP US AT ES SE WO	500745 C2 69219317 D1 69219317 T2 0568579 A1 6504726 T 5404933 A 152018 T 2103362 T3 9100184 A 9212814 A1		22-08-1994 28-05-1997 20-11-1997 10-11-1993 02-06-1994 11-04-1995 15-05-1997 16-09-1997 22-07-1992 06-08-1992
FR 2628994	A	29-09-1989	FR	2628994 A1		29-09-1989
WO 03028925	A	10-04-2003	DE BR CA WO EP US ZA	10146993 A1 0212804 A 2461569 A1 03028925 A1 1429879 A1 2004244942 A1 200401036 A		10-04-2003 05-10-2004 10-04-2003 10-04-2003 23-06-2004 09-12-2004 26-08-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/013444

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B22D11/115

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B22D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 568 579 A (ASEA BROWN BOVERI AB) 10. November 1993 (1993-11-10) Spalten 3-7 Abbildungen 1,4,5	1-8
X	FR 2 628 994 A (VIVES CHARLES) 29. September 1989 (1989-09-29) Seite 6 Abbildungen 1-3	1-4,8
X	WO 03/028925 A (SMS DEMAG AKTIENGESELLSCHAFT; EBERWEIN, KLAUS-PETER) 10. April 2003 (2003-04-10) Seite 4 Abbildungen 1,2	1-8

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft zu scheinen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. März 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Baumgartner, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/013444

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0568579	A	10-11-1993	SE	500745 C2		22-08-1994
			DE	69219317 D1		28-05-1997
			DE	69219317 T2		20-11-1997
			EP	0568579 A1		10-11-1993
			JP	6504726 T		02-06-1994
			US	5404933 A		11-04-1995
			AT	152018 T		15-05-1997
			ES	2103362 T3		16-09-1997
			SE	9100184 A		22-07-1992
			WO	9212814 A1		06-08-1992
FR 2628994	A	29-09-1989	FR	2628994 A1		29-09-1989
WO 03028925	A	10-04-2003	DE	10146993 A1		10-04-2003
			BR	0212804 A		05-10-2004
			CA	2461569 A1		10-04-2003
			WO	03028925 A1		10-04-2003
			EP	1429879 A1		23-06-2004
			US	2004244942 A1		09-12-2004
			ZA	200401036 A		26-08-2004